

УДК 629.735.036.017.1

Ю.М. Чоха, канд. техн. наук
О.П. Федорчук**УНІВЕРСАЛЬНИЙ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ
СТУПЕНЯ ЗАКОКСУВАННЯ РОБОЧИХ ПАЛИВНИХ ФОРСУНОК
ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ**Аерокосмічний інститут НАУ, e-mail: zlp@nau.edu.ua*Обґрунтовано методику діагностування ступеня несправності робочих паливних форсунок в умовах експлуатації газотурбінного двигуна.***Вступ**

Статистика відмов та пошкоджень камер згоряння газотурбінних двигунів (ГТД) показує, що характерними серед них є тріщини, місцеві оплавлення і прогари жарових труб і корпусів камер згоряння. Однією з причин їх появи є закоксування робочих паливних форсунок, що приводить до нерівномірного розпилювання палива і місцевого перегрівання. До робіт з технічного обслуговування камер згоряння ГТД входить оцінка закоксування паливних форсунок, що може виконуватись двома способами [1]:

– для одних типів двигунів перевіряється зор між внутрішньою стінкою корпусу форсунки і корпусу розпилювача, що змінюється при наросуванні нагару, і на мінімальну величину якого дається допуск;

– для інших типів двигунів проводиться оцінка рівномірності теплового поля після заданого напрацювання.

Для цього визначається середня температура вихідних газів по всіх (наприклад, чотирьох) термопарах, а потім одна з термопар відключається. Різниця середніх температур дає ступінь рівномірності теплового поля, що має бути в припустимих межах.

**Методика діагностування
паливних форсунок
за критерієм узагальненого
діагностичного параметра**

Одним із діагностичних критеріїв розрахункової роботи камери згоряння авіаційного ГТД є коефіцієнт виділення тепла при згорянні палива $\eta_{зг}$, який характеризує теплові втрати в камері згоряння [2]. При цьому $\eta_{зг}$ найбільшою мірою залежить від зміни тиску палива перед робочими форсунками $P_{ф.пал}$, яка пов'язана з їх закоксуванням і зміни геометричних характеристик камери згоряння $\Gamma_{кз}$, що пов'язана з її пошкодженнями у жаровій трубі або корпусі. Проте визначити залежність зміни величини $\eta_{зг}$ від

$\Gamma_{кз}$ і від несправностей паливних форсунок в експлуатаційних умовах дуже складно. Простіше використовувати узагальнений діагностичний параметр як критерій погіршення процесу горіння, який пов'язаний як з пошкодженнями жарової труби, так і з закоксуванням паливних форсунок.

Використаємо для його визначення залежність годинної витрати палива через паливні форсунки від експлуатаційних факторів [3]:

$$G_{\text{іае.аіа}} = \mu_{\delta} F_{\delta} \sqrt{2\rho_{\text{іае}} P_{\delta.\text{іае}}},$$

де μ_{δ} – коефіцієнт витрати палива, що характеризує пропускну здатність робочих форсунок; F_{δ} – сумарна площа розпилювачів паливних форсунок; $\rho_{\text{іае}}$ – щільність сорту палива; $P_{\text{ф.пал}}$ – тиск палива перед форсунками на відповідному діагностичному режимі роботи двигуна.

При закоксуванні форсунок за умови збереження постійної витрати палива ($G_{\text{іае.аіа}} = \text{const}$) підвищується тиск палива перед ними. Тиск палива $P_{\text{ф.пал}}$ контролює прилад (манометр) у кабіні екіпажу повітряного судна. У випадку виникнення несправності форсунки відбувається дроселювання палива у її каналі і зменшення площі розпилювання.

Таким чином, у разі закоксування паливної форсунки змінюється величина $\mu_{\delta} F_{\delta}$. Якщо визначити відносну величину цієї зміни, то одержимо співвідношення для узагальненого діагностичного параметра ступеня закоксування робочих паливних форсунок, тобто:

$$\delta_{\delta} = \mu_{\delta} F_{\delta}^{\text{ііо}} / \mu_{\delta} F_{\delta}^{\text{іі+}},$$

або

$$\delta_{\delta} = \frac{G_{\text{іае.аіа.іо}}^{\text{ііо}}}{G_{\text{іае.аіа.іо}}^{\text{іі+}}} \sqrt{\frac{\rho_{\delta} D_{\delta.\text{іае}}^{\text{іі+}}}{\rho_{\delta} D_{\delta.\text{іае}}^{\text{ііо}}}}. \quad (1)$$

Отже, маємо універсальний спосіб діагностування ступеня несправності паливних форсунок авіаційного ГТД, який полягає у контролі поточних значень тиску палива перед форсунками за

штатним приладом і розрахунком наведеної величини годинної витрати палива $G_{\text{іае.аіа.іо}}^{\text{ііо}}$ на відповідних діагностичних режимах роботи двигуна. Ці значення порівнюються з початковими значеннями цих самих параметрів $D_{\text{о.іае}}^{\text{іі+}}$, $G_{\text{іае.аіа.іо}}^{\text{іі+}}$ відповідно до розрахункового співвідношення (1).

У результаті знаходимо значення узагальненого діагностичного параметра δ_{ϕ} , що характеризує відносний ступінь закоксування форсунок. Це дозволяє діагностувати технічний стан форсунок і камери згоряння як вузла ГТД в умовах регулярної експлуатації.

Цей спосіб діагностування був апробований експериментально на стенді турбореактивного двоконтурного двигуна АІ-25. При цьому несправності паливних форсунок моделювалися шляхом послідовного відключення форсунок від робочого контуру паливopостачання і випробовуванні двигуна при змодельованій несправності.

У ході експерименту вимірювалися значення годинної витрати палива і тиску палива перед форсунками на ustalених режимах роботи двигуна від режиму малого газу до номінального.

Результати експериментальних досліджень і розрахунку значень узагальненого параметра наведено у таблиці.

Коефіцієнт справності паливних форсунок

Параметр	1,0	0,92	0,83	0,75	0,67	0,58	0,5
$G_{\text{іае.аіа.іо}}^{\text{ііо}}$, кг/год	487,5	490	496	500	504	508	511
$D_{\text{о.іае}}^{\text{іі+}}$, кг/см ²	18,5	21,05	24,5	29,5	34	40,0	46,0
δ_{ϕ}	1,0	0,93	0,88	0,81	0,76	0,71	0,66

Ю.Н. Чоха, А.П. Федорчук

Универсальный эксплуатационный способ определения степени закоксования рабочих топливных форсунок газотурбинных двигателей

Обоснована методика диагностирования степени неисправности рабочих топливных форсунок в условиях эксплуатации газотурбинного двигателя.

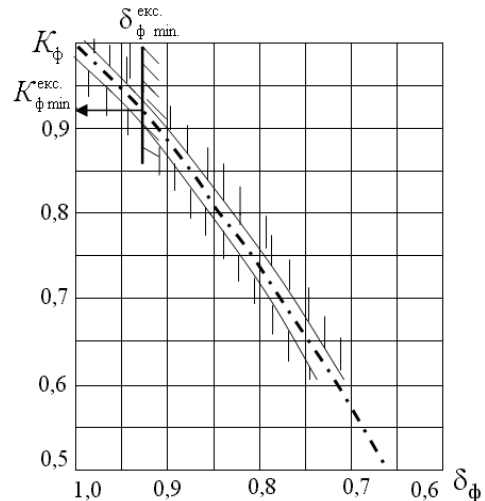
Yu. N. Chokha, O. P. Fedorchuk

Universal operational way of definition of a degree contamination working fuel atomizers engines

The technique of diagnosing of a degree of malfunction working fuel atomizers under operating conditions gas-turbine engine is proved.

Висновки

За даними експериментальних досліджень та математичного моделювання на ЕОМ побудовано тестову криву (див. рисунок), що являє собою залежність коефіцієнта справності форсунок ($\hat{E}_{\phi} = \hat{E}_{\phi}^{\text{ііо}} / \hat{E}_{\phi \Sigma}$) від ступеня їх закоксування δ_{ϕ} для типового турбореактивного двоконтурного двигуна АІ-25.



Залежність коефіцієнта справності форсунок K_{ϕ} від ступеня їх закоксування δ_{ϕ} типового двигуна

Вона може бути використана в умовах експлуатації для визначення технічного стану паливних форсунок й прийняття рішення щодо можливості подальшої безпечної експлуатації двигуна.

Список літератури

1. *Технічне обслуговування планера і функціональних систем ПС та АД* / С.О. Дмитрієв, О.С. Тугарінов, Ю.М. Чоха та ін. – К.: НАУ, 2004. – С. 165 – 167.
2. *Теорія теплових двигунів* / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, С.О. Дмитрієв та ін.; За ред. Ю.М. Терещенка – К.: Вища шк., 2001. – 381с.
3. Кулик Н.С. Параметрические методы оценки технического состояния авиационных ГТД в эксплуатации. – К.: КИИГА, 1993. – 139 с.

Стаття надійшла до редакції 11.03.05.